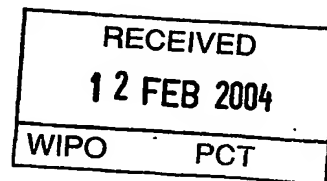


BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

EP 03 / 1 4 3 5 0



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 103 02 633.9

Anmeldetag: 23. Januar 2003

Anmelder/Inhaber: EPCOS AG,
81669 München/DE

Bezeichnung: SAW-Bauelement mit verbessertem
Temperaturgang

IPC: H 03 H 9/145

**PRIORITY
DOCUMENT**
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 15. Januar 2004
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Wallner

Beschreibung

SAW-Bauelement mit verbessertem Temperaturgang

5 Die Erfindung betrifft ein SAW-Bauelement (Surface Acoustic Wave Bauelement = Oberflächenwellenbauelement), welches auf einem piezoelektrischen Substrat aufgebaut ist, auf dem Bauelementstrukturen ausgebildet sind, die zumindest einen Interdigitalwandler zum Erzeugen einer SAW mit der Ausbreitungsgeschwindigkeit V_{SAW} umfassen, wobei in dem piezoelektrischen Substrat zusätzlich die langsame Scherwelle mit der Ausbreitungsgeschwindigkeit V_{SSW} auftreten kann.

15 SAW-Bauelemente sind auf piezoelektrischen Substraten aufgebaut, wobei monokristalline Wafer wegen ihrer guten piezoelektrischen Eigenschaften bevorzugt sind. Die piezoelektrischen Eigenschaften sowie eine Reihe anderer Eigenschaften, wie beispielsweise die Ausbreitungsgeschwindigkeit von akustischen Wellen im Wafer ist von der Orientierung der Waferoberfläche relativ zu den Kristallachsen des piezoelektrischen Monokristalls abhängig. Durch geeignete Wahl des Kristallschnitts können auf diese Art und Weise Wafer bereitgestellt werden, deren schnittabhängige Eigenschaften die gewünschte Performance des SAW-Bauelements unterstützen.

5 Für SAW-Bauelemente werden üblicherweise Wafer mit Schnittwinkeln ausgewählt, die die effektive Erzeugung und verlustarme Ausbreitung oberflächennaher akustischer Wellen unterstützen. Dies sind beispielsweise Quarzwafer mit ST-Schnitt, 30 Lithiumniobatwafer mit rot YX-Schnitt von ca. 40-65° und Lithiumtantalat mit einem Schnittwinkel rot YX von 36 bis 46°. Bei den meisten Bauelementen auf Substraten mit diesen angegebenen Schnittwinkeln wird im Standardfall neben der SAW auch noch ein in das Substrat hinein abtauchende Welle erzeugt. Da die akustische Energie einer solchen Welle im Bauelement nicht genutzt werden kann, führt dies zu Übertragungsverlusten. Es sind daher Maßnahmen erforderlich, um die-

se Verluste zu minimieren. Eine vollständige Unterdrückung von Leckwellenverlusten ist bislang jedoch nicht möglich.

Ein weiteres Problem bei für SAW-Bauelemente geeigneten Substraten besteht in dem relativ hohen Temperaturgang. Dieser bezeichnet die Temperaturabhängigkeit von Substrateigenschaften wie beispielsweise der Ausbreitungsgeschwindigkeit der Oberflächenwelle. Dies bewirkt letztendlich auch eine Temperaturabhängigkeit der Mittenfrequenz des Bauelements. Leckwellensubstrate zeigen vgl. mit Quarz einen relativ hohen Temperaturgang TCF (temperature coefficient of frequency) von ca. 40 ppm/K. Um diesen Temperaturgang aufzufangen, muß die Bandbreite darauf hergestellter SAW-Bauelemente entsprechend weit erhöht werden, damit das Bauelement und insbesondere ein SAW-Filter noch die geforderte Spezifikation erfüllen kann.

Eine Filter-Anwendung, deren Spezifikationen hohe Anforderungen an ein Bauelement stellen, ist der für das US-PCS-Mobilfunksystem erforderliche Duplexer. Dessen Spezifikationen können mit SAW Bauelementen bzw. Substratmaterialien mit dem genannten hohen Temperaturgang nicht eingehalten werden. Dazu wäre es erforderlich, den Temperaturgang zu reduzieren.

Zur Reduzierung des Temperaturgangs sind bereits verschiedene Methoden vorgeschlagen worden, von denen jede einzelne jedoch wieder mit einem schwerwiegenden weiteren Nachteil verbunden ist.

Aus einem Artikel von K. Nakamura und A. Tourlog, 'Effect of a ferroelectric inversion layer on the temperature characteristics of SH-type surface acoustic waves on 36°Y-X LiTaO₃ substrates', IEEE Trans. Ferroel. Freq. Ctrl. Vol.41, No.6, Nov. 1994, pp.872-875 ist es beispielsweise bekannt, die pyroelektrische Achse des piezoelektrischen Substrats an der Oberfläche des Wafers umzuklappen und dadurch den Temperaturgang zu reduzieren. Das Problem hierbei ist jedoch die damit verbundene Reduzierung der Kopplung, die Schwierigkeit der

Herstellung und die nur begrenzte Reduzierung des TCF auf ca. 15 ppm/K.

- Aus einem Artikel von K. Eda et al., 'Direct Bonding of piezoelectric materials and its applications', IEEE Ultrason. Symp. Proc. 200, pp.299-309 ist es bekannt, einen dünnen Lithiumtantalatfilm auf einem Wafer mit geringer Temperaturausdehnung zu erzeugen. Ein darauf aufgebautes Bauelement weist aufgrund der thermischen Verspannung mit dem Wafer einen reduzierten Temperaturgang auf. Als Nachteil ist hier jedoch zu nennen, daß eine aufwendige Technologie zur Herstellung dieser Substratmaterialien erforderlich ist, die hohen Verfahrensaufwand und damit hohe Kosten erzeugt.
- Aus einem Artikel von K. Asai, M. Hikita et al., 'Experimental and theoretical investigation for temperature characteristics and propagation losses of SAWs on $\text{SiO}_2/\text{Al}/\text{LiTaO}_3$ ', IEEE Ultrason. Symp. 2002, (to be published) ist es bekannt, den Temperaturgang von SAW-Bauelementen durch einen ganzflächigen über dem Substrat und der Metallisierung aufgetragenen SiO_2 -Film zu reduzieren. Dabei hat sich allerdings herausgestellt, daß die Metallisierungshöhe im Vergleich zu herkömmlichen SAW-Bauelementen stark reduziert werden muß. Dies hat eine erhöhte Dämpfung zur Folge, da mit der reduzierten Schichtdicke der Fingerwiderstand in den Wandlern anwächst. Darüber hinaus benötigt dieses Verfahren zur Reduzierung des Temperaturgangs eine sehr hohe Schichtdicke des SiO_2 -Films von ca. 20 % h/l (d.h., bezogen auf die Wellenlänge der darin ausbreitungsfähigen SAW). Die Qualität der SiO_2 -Schicht ist daher wesentlich für das Ausmaß der erreichten Temperaturgangsreduzierung und der in Kauf zu nehmenden Einfügedämpfung.
- Mit keinem der hier vorgeschlagenen Verfahren ist es jedoch problemlos möglich, einen US-PCS-Duplexer als SAW Bauelement zu realisieren.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, ein SAW-Bauelement anzugeben, welches auf einem Leckwellensubstrat aufgebaut ist und bei niedrigen Verlusten gleichzeitig einen niedrigen Temperaturgang aufweist.

5

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein SAW-Bauelement mit den Merkmalen von Anspruch 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung gehen aus weiteren Ansprüchen hervor.

10

Die Erfinder haben eine Möglichkeit gefunden, die Entstehung von Leckwellenverlusten erfolgreich zu unterdrücken und mit Hilfe einer weiteren synergistisch wirkenden Maßnahme den Temperaturgang zu reduzieren. Es wurde gefunden, daß die Entstehung von Leckwellenverlusten unterdrückt werden kann, wenn die Geschwindigkeit der Oberflächenwelle bzw. der SAW so weit reduziert werden kann, daß sie unterhalb der Ausbreitungsgeschwindigkeit der langsamen Scherwelle zu liegen kommt. Dies wird erreicht, indem die Massenbelastung durch die Metallisierung ausreichend erhöht wird. Alleine dadurch würde zwar der Temperaturgang ansteigen. Doch ist erfindungsgemäß ganzflächig über dem Wafer und der darauf aufgebrachtten Metallisierung zusätzlich eine Kompensationsschicht vorgesehen, die aus einem Material mit geringer Temperaturabhängigkeit der elastischen Koeffizienten ausgewählt ist. Es wurde nämlich gefunden, daß durch eine höhere Massenbelastung gleichzeitig auch die SAW in der Nähe der Substratoberfläche gehalten werden kann. Dies bewirkt bei der Erfindung, daß sich die SAW zu einem ausreichenden Teil innerhalb der Kompensationsschicht ausbreitet und dabei aufgrund der Materialeigenschaften der Kompensationsschicht eine nur geringe Temperaturabhängigkeit in ihrem Ausbreitungsverhalten erfährt.

15

20

25

30

35

Besonders vorteilhaft ist dabei, daß sowohl für eine gegenüber Standard-Metallisierungen ausreichend erhöhte Massenbelastung als auch für die Kompensationsschicht nur relativ niedrige Schichtdicken erforderlich sind. Die geringen

Schichtdicken haben den Vorteil, daß sie sich technologisch leichter beherrschen lassen, daß sie kostengünstig herzustellen sind und daß sie in der Kombination der beiden Schichten (Metallisierungen mit hoher Massenbelastung und Kompensationsschicht) keine negativen Auswirkungen auf die Bauelementeigenschaften zeigen. Im Ergebnis wird ein SAW-Bauelement erhalten, das trotz niedriger Einfügedämpfung einen ausreichend niedrigen Temperaturgang von beispielsweise weniger als 15 ppm/K aufweist. Ein solches als Filter ausgebildetes SAW-Bauelement ist dann beispielsweise auch als Duplexer für das US-PCS-Mobilfunksystem geeignet.

Zur Erhöhung der Massenbelastung wird für die Bauelementstrukturen und insbesondere für die Wandlerlektrode (z.B. Interdigitalwandler) eine Metallisierung eingesetzt, die gegenüber dem üblicherweise verwendeten Aluminium ein höheres spezifisches Gewicht aufweist. Vorzugsweise wird eine Metallisierung eingesetzt, deren mittlere Dichte (bei Sandwichtaufbau der Metallisierung über alle Schichten gemittelt) mindestens 50% über der von Aluminium liegt.

Als bevorzugte Elektrodenmaterialien haben sich dabei Kupfer, Molybdän und Wolfram erwiesen. Vorteilhafte erfindungsgemäße Metallisierungen bestehen daher insbesondere aus einem dieser Metalle, aus einer Legierung, die überwiegend aus einem oder mehreren dieser Metalle besteht oder aus Materialschichtkombinationen, die Schichten aus überwiegend einem oder mehreren der genannten Metalle enthalten. Auf der Basis einer fast ausschließlich aus Kupfer bestehenden Metallisierung wird der genannte Zweck bereits mit einer Schichtdicke erreicht, die nur ca. 10% h/λ (relativ zur Wellenlänge der Struktur ausbreitungsfähigen akustischen Wellenlänge) entspricht. Diese Wellenlänge ist nicht nur von einem Material abhängig, sondern von allen Materialien der Struktur und deren Dimensionierung, also z.B. von piezoelektrischem Material, Metallisierung und der Kompensationsschicht, die über der Metallisierung aufgebracht ist. Eine Metallisierung aus 10% h/λ Cu

hat gegenüber dem üblicherweise verwendeten 10% h/λ Aluminium den weiteren Vorteil, daß durch die hohe elektrische Leitfähigkeit die Ohmschen Verluste im Bauelement reduziert werden können. Außerdem bietet Cu eine hohe Festigkeit gegenüber

5 Akustomigration, so daß es eine hohe Leistungsverträglichkeit aufweist. Mit einem geeigneten Verfahren kann Cu auch als quasi einkristalline Schicht erzeugt werden, die eine nochmalige Verbesserung bezüglich Leitfähigkeit und Leistungsverträglichkeit bringen.

10

Wird die damit erreichte Massenbelastung umgerechnet auf die schwereren Metalle Mo und W, so wird der genannte Zweck mit diesen Metallen bereits mit noch niedrigeren Schichtdicken erreicht.

15

Überraschend hat sich gezeigt, daß SiO_2 ein besonders gut geeignetes Material für die Kompensationsschicht darstellt und durch die entsprechend umgekehrte Temperaturabhängigkeit seiner elastischen Koeffizienten sich bereits mit ca. 6% h/λ SiO_2 ein TCF von nahezu 0 ppm/K realisieren läßt. Eine

20 aus SiO_2 bestehende Kompensationsschicht hat dabei den Vorteil, daß sie einfach aufgebracht werden kann und sowohl mit dem Bauelement als auch dessen Herstellungsschritten kompatibel ist. Es hat sich gezeigt, daß eine SiO_2 - Kompensationsschicht bereits in einer Schichtdicke von ca. 4 bis 8 % h/λ für eine geeignete Temperaturgangkompensation ausreichend ist. Diese Schichtdicke liegt deutlich unter der im genannten

25 Artikel von Asai et al. vorgeschlagenen Schichtdicke von 20 % h/λ , mit der alleine der Temperaturgang kompensiert werden sollte. Die Dicke der Kompensationsschicht ist damit auch geringer als die Dicke der Metallisierung. Die dünnere Schichtdicke beim erfindungsgemäßen Bauelement wird nur möglich, da die SAW durch die höhere Massenbelastung näher an die Oberfläche des Substrats gezogen werden kann, so daß bereits eine

30 dünnere Kompensationsschicht für eine ausreichende Reduzierung des Temperaturgangs sorgt.

35

Ein erfindungsgemäßes Bauelement wird vorzugsweise auf einem Lithiumtantalatsubstrat mit rotiertem Schnitt aufgebaut, wobei bevorzugte Schnittwinkel zwischen 30 und 46° rot YX liegen. Bauelemente auf Substraten mit derartig ausgewählten Schnitten zeigen besonders gute Eigenschaften. Darüber hinaus wirkt sich die Erfindung bei auf solchen Substraten aufgebauten Bauelementen selbst besonders vorteilhaft aus.

Eine bevorzugt aus überwiegend Kupfer bestehende Metallisierung wurde bislang zum einen wegen des damit verbundenen hohen Temperaturgangs bei hohen relativen Schichtdicken und zum anderen wegen der hohen Korrosionsempfindlichkeit bei SAW-Bauelementen nicht eingesetzt. Mit Hilfe der erfindungsgemäßen Kompensationsschicht wird nun auch noch das letztgenannte Problem der Korrosionsempfindlichkeit erfolgreich gelöst und die Kupferoberflächen gegen vorzeitige Korrosion geschützt.

Die Haftfestigkeit einer überwiegend aus Kupfer bestehenden Metallisierung kann durch eine zusätzliche zwischen Substrat und Metallisierung vorgesehene Haftschrift verbessert werden. Geeignet sind dafür dünne Metallschichten, z.B. aus Aluminium, Molybdän, Nickel, Titan, Wolfram oder Chrom. Geeignet sind auch mehrschichtige Haftschriften oder Legierungen aus einem oder mehrerer dieser Metalle, wobei eine Gesamtschichtdicke der Haftschrift von ca. 1 bis 7 nm ausreichend ist. In der Regel reichen 5 nm dicke Haftschriften aus.

Mit Kupfer als Metallisierung kann eine erhöhte Fertigungsstreuung einhergehen, die sich erfindungsgemäß durch ein Trimmverfahren reduzieren läßt. Damit gelingt gleichzeitig eine Einstellung der Resonanzfrequenz. Dazu kann die Kompensationsschicht entweder direkt beim Aufbringen in der Schichtdicke ganz- oder teilflächig variiert werden, oder nach dem Aufbringen entsprechend abgeätzt werden. Mit einer SiO₂-Schicht als Kompensationsschicht wird dazu vorzugsweise ein Trockenätzverfahren eingesetzt.

Einen weiteren Einfluß auf die Eigenschaften erfindungsgemäßer SAW-Bauelemente hat die Qualität der SiO_2 -Schicht. Diese Qualität wird überwiegend durch die Aufbringmethoden und die damit erreichte Stöchiometrie, insbesondere bezüglich des Sauerstoffgehalts der SiO_2 -Schicht bestimmt. Insbesondere geeignet sind beispielsweise Schichten der Zusammensetzung SiO_x , wenn $1,9 \leq x \leq 2,1$ ist. Gut geeignet sind auch SiO_2 -Schichten, die durch einen Brechungsindex zwischen 1,43 und 1,49 charakterisiert sind. Diese lassen sich beispielsweise durch Sputtern, ein CVD-Verfahren oder ein PVD-Verfahren kantenbedeckend und lunkerfrei erzeugen. Dies ist auch unter den Gesichtspunkten der Verfahrenskontrolle und der Berechnung der Parameter von Vorteil. Von Vorteil ist es, die Kompensationsschicht und insbesondere die SiO_2 -Schicht bei niedrigen Temperaturen abzuscheiden. Damit kann eine Kompensationsschicht erzeugt werden, in der bei Raumtemperatur nur geringen intrinsische Spannungen herrschen.

Ein erfindungsgemäßes Bauelement mit einer Kupfermetallisierung einer Dicke von beispielsweise 10 % h/λ und einer darüber aufgetragenen SiO_2 -Schicht in der oben genannten Modifikation und einer Schichtdicke von beispielsweise 6 % h/λ erreicht einen Temperaturgang von weniger als 15 ppm/K.

Um die Korrosionsfestigkeit der Metallisierung weiter zu erhöhen, kann eine weitere dünne Passivierungsschicht über der Metallisierung vorgesehen sein, beispielsweise eine dünne Aluminiumoxidschicht. Diese läßt sich beispielsweise direkt durch Sputtern aufbringen oder alternativ durch Aufbringen einer dünnen Aluminiumschicht und anschließende Überführung in das entsprechende Aluminiumoxid durch Oxidation erzeugen.

Eine dünne Goldschicht über dem Kupfer erfüllt ebenfalls die Anforderungen an Korrosionsfestigkeit, und bildet darüber hinaus einen Ausgangspunkt für die elektrische Verbindung nach außen. Es ist dabei bekannt, Daß Au insbesondere als

Grundmaterial für ein anschließendes Bumping sehr geeignet ist.

Insbesondere wenn das Bauelement (der Chip) mittels Flip-Chip
5 Verfahren in ein Gehäuse eingebaut oder auf einem Modul befestigt wird, hat die Erfindung den Vorteil, daß die Maßnahmen zur Reduzierung des TCF keine Unterschiede im Aufbau zur Folge haben und daher die Standardverfahren eingesetzt werden können. Es werden keine neuen Lack- bzw. Lithographieprozesse
10 benötigt, ebensowenig neue Abscheideverfahren, Waferherstellungsverfahren oder Package-Technologien. Die Erfindung ist unabhängig vom Bauelement-Design bzw. der dazu verwendeten Technologie.

15 Ein erfindungsgemäßes Bauelement kann insbesondere als DMS-Filter ausgebildet sein, welches sich bereits von Haus aus durch niedrige Einfügedämpfung auszeichnet. Vorteilhaft läßt sich die Erfindung auch bei der Herstellung von SPUDT-Filtern (Single Phase Uni Directional Transducer) sowie bei Reaktanz-
20 und MPR-Filtern (Multi-Port-Resonator) einsetzen. Entsprechend ist die Erfindung auch für Diplexer und Duplexer geeignet, deren Teilfilter einem der genannten Filtertypen entsprechen. Auch für sogenannte 2-in-1-Filter ist die Erfindung gut geeignet. Ein aus erfindungsgemäßen Filtern aufgebauter
25 Duplexer kann erstmals die hohen Anforderungen für das US-PCS-Mobilfunksystem erfüllen, was bislang mit SAW-Filtern noch nicht möglich war.

30 Im folgenden wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen und der dazugehörigen Figuren näher erläutert. Die Figuren dienen der besseren Verständlichkeit und sind daher nur schematisch und nicht maßstabsgetreu ausgeführt.

Figur 1 zeigt einen Interdigitalwandler als Beispiel für
35 eine Metallisierungsstruktur in der Draufsicht

Figur 2 zeigt die Erfindung anhand eines schematischen Querschnitts durch eine Metallisierung

Figur 3 zeigt eine Metallisierung mit zusätzlicher Haft-
schicht

Figur 4 zeigt eine Metallisierung mit einer zusätzlichen Passivierungsschicht

Figur 5 zeigt eine mehrschichtige Metallisierung

Figur 6 zeigt den Verlauf des Temperaturgangs von Metallisierungen aus Al und Cu in Abhängigkeit von der relativen Schichtdicke der Metallisierung

Figur 7 zeigt den Verlauf des Temperaturgangs einer 10% Cu-Metallisierung in Abhängigkeit von der Schichtdicke einer SiO₂-Schicht als Kompensationsschicht.

Figur 1 zeigt einen an sich bekannten Interdigitalwandler IDT als Beispiel für eine Metallisierung einer Wandlerelektrode eines erfindungsgemäßen SAW-Bauelements in der Draufsicht. Dieser ist wesentlicher Bestandteil des SAW-Bauelements und dient zur elektroakustischen Wandlung eines beispielsweise an die Anschlüsse T1, T2 angelegten hochfrequenten elektrischen Signals in eine Oberflächenwelle oder zur entsprechenden Zurückwandlung der Oberflächenwelle in ein elektrisches Signal. Der Interdigitalwandler IDT umfaßt mindestens zwei Elektroden, mit annähernd parallel zueinander verlaufenden Elektrodenfingern EF, wobei die Elektroden mit ihren Fingern interdigital ineinandergeschoben sind. Beide Elektroden können mit jeweils einem elektrischen Anschluß T1, T2 versehen sein, an die ein elektrisches Signal ein- oder ausgekoppelt oder die mit Masse verbunden werden können.

Figur 2 zeigt ein erfindungsgemäßes Bauelement anhand eines schematischen Querschnitts entlang der in Figur 1 dargestell-

ten Schnittlinie 2. Auf dem piezoelektrischen Substrat, beispielsweise einem Lithiumtantalatwafer mit rot YX 39° Schnitt ist eine Metallisierung M aufgebracht, beispielsweise der genannte Interdigitalwandler IDT. Die Metallisierung besteht
5 hier aus reinem Kupfer oder einer Legierung mit hohem Kupferanteil. Die Höhe h_M der Metallisierung wird in Abhängigkeit von der Mittenfrequenz des SAW-Bauelements auf einen Wert eingestellt, der ca. 10 % der in der Struktur ausbreitungsfähigen Wellenlänge der akustischen Welle entspricht.

10 Die Metallisierung wird beispielsweise ganzflächig durch Aufdampfen, Sputtern oder durch CVD oder andere Verfahren abgeschieden und mittels Abhebetechnik strukturiert. Möglich ist es jedoch auch, die Metallisierung M zunächst ganzflächig
15 aufzubringen und anschließend mit Hilfe einer Ätzmaske zu strukturieren.

Nachdem die Metallisierung M auf dem Substrat S aufgebracht ist, beispielsweise in einer Struktur gemäß Figur 1, wird anschließend ganzflächig eine Kompensationsschicht K vorzugsweise Kanten bedeckend und in gleichmäßiger Schichtdicke aufgebracht. Als Schichtdicke h_K wird beispielsweise ein Wert
20 von 6 % bezogen auf die Wellenlänge der in dieser Struktur ausbreitungsfähigen akustischen Welle eingestellt. Wie bereits erwähnt, kann noch nachträglich durch Rückätzen getrimmt werden.
5

Neben dem in Figur 1 dargestellten Interdigitalwandler kann das erfindungsgemäße SAW-Bauelement weitere Metallisierungsstrukturen aufweisen, die vorzugsweise alle aus dem gleichen
30 Material bestehen. Auch die Kompensationsschicht K bedeckt vorzugsweise die gesamte Oberfläche des Substrats mit Ausnahme der für die Kontaktierung vorgesehenen elektrischen Anschlußflächen T1, T2. An den elektrischen Anschlußflächen, an
35 den Verbindungsleitern und an den die Elektrodenfinger EF verbindenden Stromschienen kann die Metallisierung zusätzlich aufgedickt sein. Diese Aufdickung kann beispielsweise mit ei-

nem galvanischen Verfahren erfolgen, wobei die nicht aufzudickenden Metallisierungsstrukturen vorzugsweise abgedeckt werden. Zur Abdeckung kann dabei die genannte Kompensationsschicht dienen, die vor dem galvanischen Schritt entsprechend strukturiert wird. Die elektrische Verbindung des Bauelements mit äußeren Kontakten kann dann über Bumpverbindungen oder durch eine sonstige Lötverbindung wie z.B. durch Drahtbonden erfolgen.

Figur 3 zeigt eine weitere Ausführungsform der Erfindung, bei der unterhalb der Metallisierung M eine dünne Haftschrift H von beispielsweise 5 nm Dicke aufgebracht wird. Die Haftschrift H kann ebenso wie die Metallisierung M ganzflächig aufgebracht und zusammen mit der Metallisierung strukturiert werden. Eine elektrisch leitende Haftschrift H kann auch Teil der Metallisierung M sein.

Figur 4 zeigt eine weitere Ausführungsform der Erfindung, bei der nach der Herstellung der Metallisierung M zunächst eine dünne Passivierungsschicht ganzflächig über die Metallisierung M und die dazwischen freiliegende Oberfläche des Substrats S aufgebracht wird. Eine solche Passivierungsschicht P kann aus einem beliebigen elektrisch isolierenden Material bestehen, insbesondere aus einem dichten Oxid, Nitrid oder Carbid. Gut geeignet ist auch eine DLC-Schicht (Diamond Like Carbon). Mit einer solchen Passivierungsschicht P wird ein besonders guter Schutz der Metallisierung M gegenüber einer Korrosion, beispielsweise einer unkontrollierten Oxidation durch Luftsauerstoff, verhindert. Mit einer solchen Passivierungsschicht P kann die Kompensationsschicht K weniger dicht ausgebildet werden, da die Passivierung der Elektrode nicht durch die Kompensationsschicht K erfolgen muß.

Als Schichtdicke für die Passivierungsschicht P ist eine Dicke von wenigen Nanometern ausreichend, beispielsweise 5 bis 10 nm.

Figur 5 zeigt eine weitere Ausführungsform der Erfindung, bei der eine Metallisierung M eingesetzt wird, die mehrschichtig aufgebaut ist. In der Figur ist beispielsweise ein vier-schichtiger Metallisierungsaufbau mit den Teilschichten M1, M2, M3 und M4 dargestellt. Um erfindungsgemäß die Massenbelas-5 tung der Metallisierung zu erhöhen, ist zumindest eine dieser Schichten aus einem Material mit hoher spezifischer Dichte ausgebildet, wobei zumindest eine der übrigen Schichten aus herkömmlichen Elektrodenmaterial, also aus Aluminium oder einer aluminiumhaltigen Legierung bestehen kann. Vorzugsweise wird ein alternierender Schichtaufbau von zumindest zwei 10 Schichten gewählt, von denen zumindest eine aus einem der Metalle Mo, Cu oder W besteht. Die Schichtdicken der Metallisierungsschichten können gleich oder unterschiedlich gewählt sein, wobei durch geeignete Kombination unterschiedlicher 15 Schichtdicken sowohl die elektrische Leitfähigkeit und damit der Widerstand, als auch die Massenbelastung eingestellt werden kann. Dabei ist lediglich zu beachten, daß bei entsprechend niedrigerer Massenbelastung eine entsprechend höhere Schichtdicke h_M der Metallisierung einzuhalten ist. Als Kom- 20 pensationsschicht K über der Metallisierung M dient hier ebenso wie in allen Ausführungsbeispielen eine SiO_2 -Schicht in einer Schichtdicke von ca. 4 bis 10% h/λ .

Figur 6 zeigt anhand einer Simulationsrechnung die Effekte 5 unterschiedlicher Metallisierungen (ohne Kompensationsschicht) auf den Temperaturgang (TCF) der Resonanzfrequenz. Das Diagramm zeigt den simulierten Verlauf des TCF in Abhängigkeit von der Massenbelastung, die in der x-Achse als auf Aluminium bezogene Metallisierungshöhe $h_{M/Al}$ dargestellt ist. 30 Die verschiedenen Kurven für die unterschiedlichen Metalle Al und Cu wurden hier ohne Kompensationsschicht berechnet. Die Metallisierungshöhe ist auf Aluminium bezogen und reduziert sich bei höherer Massenbelastung durch schwerere Metalle annähernd proportional zum spezifischen Gewicht. Die vertikale 35 Teilung in der Figur zeigt auch die Grenze für die Massenbelastung an, ab der gilt $V_{SAW} < V_{SSW}$. Es wird klar, daß dies

mit der bekannten aus Aluminium bestehenden Metallisierung nicht erreicht werden kann.

Figur 7 zeigt anhand einer Simulationsrechnung die Reduzierung des Temperaturgangs, die durch Aufbringen einer SiO_2 -Schicht auf einer strukturierten Cu-Struktur von 10% h/λ erreicht werden kann. Der erste Wert (beim Nullpunkt auf der x-Achse) ist dabei für eine Struktur berechnet, die dem letzten angegebenen Wert mit der höchsten Massenbelastung (für eine Cu-Metallisierung) in Figur 6 entspricht. Es zeigt sich, daß man mit Hilfe der Kompensationsschicht den durch die hohe Massebelastung relativ hohen TCF bis auf Null reduzieren kann, was für die der Berechnung zugrunde liegende Cu-Struktur von 10% h/λ mit einer SiO_2 -Schicht von 6% h/λ gelingt. Ein TCF von 0 wird mit einer herkömmlichen Al-Metallisierung auch bei minimalster Massenbelastung nicht erreicht.

Obwohl die Erfindung nur anhand weniger Ausführungsbeispiele beschrieben werden konnte, so ist jedoch nicht auf sie beschränkt. Im Rahmen der Erfindung liegt es weiterhin, die in den einzelnen Figuren dargestellten Merkmale untereinander zu kombinieren. Weitere Variationsmöglichkeiten ergeben sich in der Materialauswahl, in den Schichtdicken, in den Metallisierungsstrukturen und in den Bauelement Typen, bei denen die Erfindung eingesetzt werden kann.

Patentansprüche

1. SAW Bauelement,

- mit einem piezoelektrischen Substrat (S),
- 5 - mit mindestens einer Wandler Elektrode, die auf dem piezoelektrischen Substrat aufgebracht ist und eine Metallisierung (M) aufweist, die aus einem oder mehreren Metallen zusammengesetzt ist, deren gemittelte spezifische Dichte mindestens 50% über der von Al liegt und
- 10 - bei dem zur Reduzierung des Temperaturgangs ganzflächig oder teilflächig über der Metallisierung eine dünne Kompensationsschicht (K) eines Materials mit einer Temperaturabhängigkeit der elastischen Koeffizienten aufgebracht ist, die dem Temperaturgang des Substrats entgegenwirkt
- 15 und die dünner als 15% der Wellenlänge ist, die in dieser Struktur ausbreitungsfähig ist.

2. Bauelement nach Anspruch 1,

- bei dem die elastischen Konstanten der Metallisierung eine
- 20 geringere Temperaturabhängigkeit aufweisen als die des Aluminiums.

3. Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 2,

- bei dem die Metallisierung (M) überwiegend aus einem Metall
- 25 besteht und ausgewählt ist aus Kupfer, Molybdän Wolfram, Gold, Silber und Platin.

4. Bauelement nach Ansprüche 1 bis 3,

- bei dem die Kompensationsschicht (K) SiO_2 umfaßt.

5. Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 4,

- bei dem die Metallisierung (M) aus Kupfer oder einer Kupferlegierung ausgewählt ist und eine relative Metallisierungshöhe von 6 bis 14% h/λ aufweist.

6. Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 5,

bei dem die Kompensationsschicht (K) aus SiO_2 ausgebildet ist und eine Höhe von 4 bis 10% h/λ aufweist.

7. Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 6,
5 bei dem das Substrat (S) Lithiumtantalat mit rotiertem Schnitt ist.
8. Bauelement nach Anspruch 7,
bei dem das Substrat (S) Lithiumtantalat mit rotiertem
10 Schnitt und einem Schnittwinkel zwischen 30 und 48° ist.
9. Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 6,
bei dem das Substrat aus Lithiumniobat besteht
- 15 10. Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 6,
bei dem das Substrat aus Quarz besteht.
11. Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 10,
bei dem unter Metallisierung (M) eine Haftschrift (H) ange-
20 ordnet ist.
12. Bauelement nach Anspruch 11,
bei dem die Haftschrift (H), ausgewählt ist aus Al, Mo, Ti,
W, Cr, Ni oder einer Legierung aus diesen Metallen.
25
13. Bauelement nach Anspruch 11 oder 12,
bei dem die Haftschrift (H) eine Dicke von 1 bis 7nm auf-
weist.
- 30 14. Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 13,
bei dem die Kompensationsschicht (K) aus SiO_2 mit einem Bre-
chungsindex zwischen 1,43 und 1,49 ausgebildet ist.
15. Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 14,
35 mit einem Temperaturgang $\text{TK} < 20 \text{ ppm/K}$.
16. Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 15,

bei dem unter der Kompensationsschicht (K) eine im Vergleich dazu dünne Passivierungsschicht (P) vorgesehen ist.

17.Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 16,
5 ausgebildet als MPR-Filter.

18.Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 16,
ausgebildet als Reaktanz-Filter.

10 19.Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 16 ,
ausgebildet als DMS Filter.

20.Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 16,
ausgebildet als SPUDT Filter.

15 21.Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 19,
ausgebildet als Duplexer.

20 22.Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 19,
ausgebildet als Diplexer.

23.Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 19,
ausgebildet als 2-in-1-Filter.

25 24.Verwendung eines Bauelements nach einem der Ansprüche 1
bis 20 für ein Filter oder einen Duplexer für das US-PCS
Mobilfunk-System.

Zusammenfassung

SAW-Bauelement mit verbessertem Temperaturgang

- 5 Für ein SAW-Bauelement, das auf einem piezoelektrischen Substrat (S) aufgebaut ist, wird zur Reduzierung der Verluste die Massenbelastung durch die Metallisierung (M) soweit erhöht, bis die Ausbreitungsgeschwindigkeit der Oberflächenwelle unterhalb der Ausbreitungsgeschwindigkeit der schnellen
- 10 Scherwelle zu liegen kommt. Um dabei die Erhöhung des Temperaturgangs in Grenzen zu halten, wird eine Metallisierung mit deutlich höherer spezifischer Dichte als Al verwendet. Parallel dazu wird der Temperaturgang des Bauelements durch eine im Wesentlichen ganzflächig aufgebrachte Kompensationsschicht
- 15 (K) reduziert, die aus einem Material ausgewählt ist, das eine Temperaturabhängigkeit der elastischen Koeffizienten aufweist, die derjenigen der Kombination Substrat-Metallisierung entgegenwirkt

20 Figur 2

Fig 1

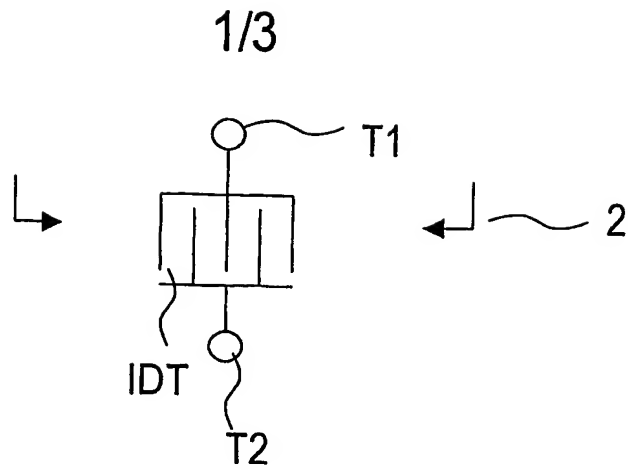


Fig 2

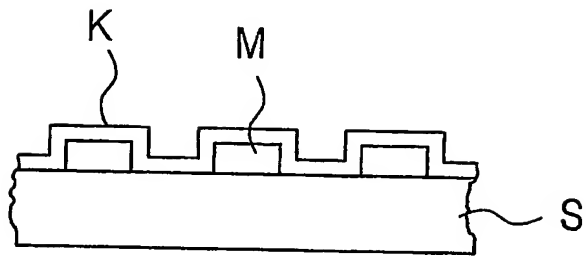


Fig 3

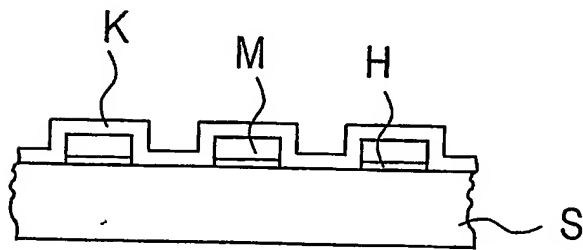
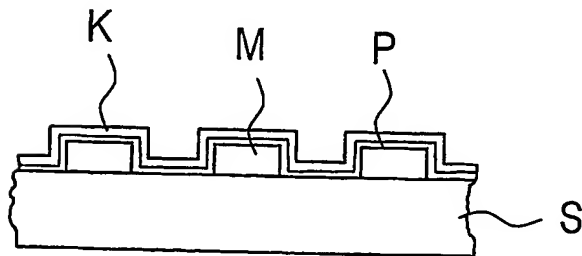


Fig 4



2/3

Fig 5

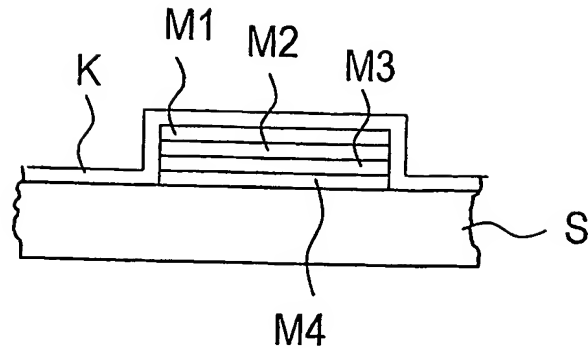
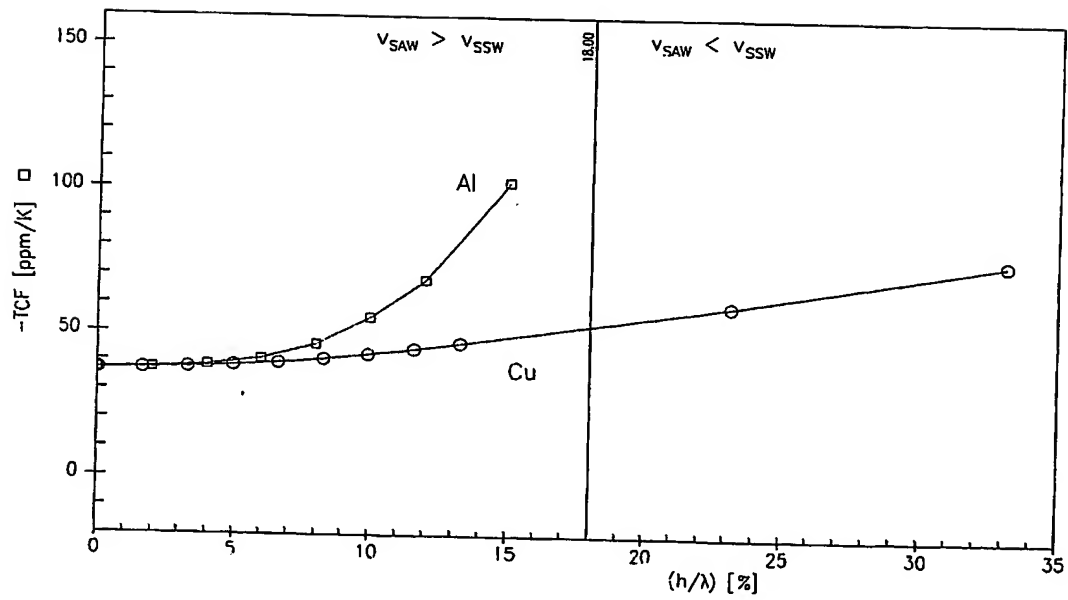
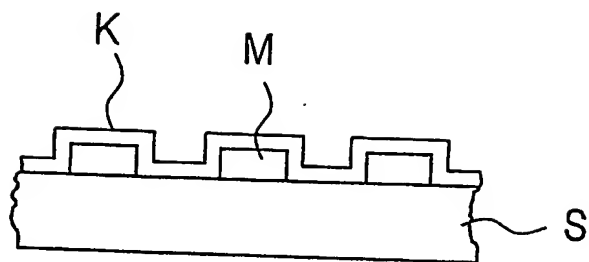


Fig 6





**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☒ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER: _____**

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.